



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 02 739 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**C 08 G 77/02**  
C 08 G 77/38  
C 09 D 183/04  
C 08 J 7/16

⑳ Aktenzeichen: 101 02 739.7  
㉔ Anmeldetag: 23. 1. 2001  
㉕ Offenlegungstag: 25. 7. 2002

⑦① Anmelder:  
Bayer AG, 51373 Leverkusen, DE

⑦② Erfinder:  
Mager, Michael, Dr., 51375 Leverkusen, DE;  
Machtel, Markus, Dr., 50937 Köln, DE; Kraus,  
Harald, Dr., 51379 Leverkusen, DE; Yuva, Nusret,  
42929 Wermelskirchen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- ⑤④ Verfahren zur Herstellung von Sol-Gel-Kondensaten auf Basis polyfunktioneller Organosilane sowie deren Verwendung
- ⑤⑦ Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Sol-Gel-Kondensaten unter Einsatz wässriger Kieselsole sowie deren Verwendung zur Beschichtung anorganischer oder organischer Substrate.

**DE 101 02 739 A 1**

**DE 101 02 739 A 1**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Sol-Gel-Kondensaten unter Einsatz wässriger Kieselsole, sowie deren Verwendung zur Beschichtung anorganischer oder organischer Substrate.

[0002] Durch Cokondensation von  $\text{SiO}_2$ -Nanopartikeln mit Alkyltrialkoxysilanen, wie beispielsweise Methyltrimethoxysilan, sind Sol-Gel-Kondensate erhältlich, die z. B. auf Kunststoffoberflächen zu anorganischen Beschichtungen hoher Kratzfestigkeit ausgehärtet werden können. Die Herstellung dieser Sol-Gel-Kondensate erfolgt durch Umsetzung von Methyltrimethoxysilan mit einer wässrigen Dispersion von  $\text{SiO}_2$ -Nanoteilchen (wässriges Kieselöl) in Gegenwart organischer Lösungsmittel, wie z. B. in der US-A 4,476,281 beschrieben. Der Zusatz organischer Lösungsmittel ist notwendig, da durch den hydrophoben Alkylrest weder die eingesetzten Alkyltrialkoxysilane noch deren Hydrolyse- und Kondensationsprodukte vollständig mit Wasser mischbar sind.

[0003] Im Gegensatz zu den beschriebenen Sol-Gel-Kondensaten auf Basis von Alkyltrialkoxysilanen, in denen die organischen Reste ausschließlich terminal gebunden sind, kann durch Einsatz polyfunktioneller Organosilane eine chemische Verknüpfung der organischen Reste mit dem anorganischen Netzwerk erreicht werden. Polyfunktionelle Organosilane, wie beispielsweise in EP-A 0 947 520 beschrieben, sind lineare, verzweigte oder cyclische monomere Organosilane, die über mindestens zwei Siliciumatome mit hydrolysierbaren und/oder kondensationsvernetzenden Gruppen verfügen, wobei die Siliciumatome jeweils über mindestens ein Kohlenstoffatom über eine verknüpfende Baueinheit verbunden sind.

[0004] Polyfunktionelle Organosilane, in welchen die verknüpfende Baueinheit ein cyclisches Siloxan ist, z. B. cyclo- $\{\text{OSi}[(\text{CH}_2)_2\text{Si}(\text{OH})(\text{CH}_3)_2]\}_4$ , sind als Ausgangsmaterial zur Herstellung von Sol-Gel-Kondensaten von besonderem Interesse, da daraus beispielsweise Sol-Gel-Beschichtungen mit einer Kratzfestigkeit ähnlich der von Glas hergestellt werden können (siehe EP-A 0 947 520). Diese kratzfesten Beschichtungen sind insbesondere bei der Herstellung von Automobilbeschichtungen von Interesse. Darüber hinaus zeichnen sich derartige Sol-Gel-Beschichtungen durch eine ausgesprochene Hydrophobie aus, was ihren Einsatz zur Herstellung von beispielsweise Anti-Graffiti- oder Fouling-Release-Beschichtungen ermöglicht (z. B. EP-A 96 72 53).

[0005] Zur Herstellung von Sol-Gel-Kondensaten, die zur Beschichtung von Oberflächen geeignet sind, wird das polyfunktionelle Organosilan üblicherweise nicht alleine, sondern in Kombination mit Metallalkoxiden und/oder Nanopartikeln umgesetzt. Durch geeignete Wahl der Mengenverhältnisse kann so die Hydrophobie und die Härte der resultierenden Beschichtung je nach Anforderung eingestellt werden. Dabei war bislang von großem Nachteil, dass die Umsetzung der polyfunktionellen Organosilane mit  $\text{SiO}_2$ -Nanopartikeln in Gegenwart von Metallalkoxiden, nur durch Einsatz von lösungsmittelhaltigen  $\text{SiO}_2$ -Nanopartikel-Dispersionen, sogenannten Organosolen, möglich war (z. B. EP-A 0 947 520). Die meisten polyfunktionellen Organosilane sind völlig unmisierbar mit Wasser und somit auch unverträglich mit wässrigen Dispersionen von  $\text{SiO}_2$ -Nanopartikeln (wässrige Kieselsole). Die Herstellung von Organosolen ist jedoch wesentlich aufwendiger als die von entsprechenden wässrigen Kieselolen, die als handelsübliche Produkte (z. B. Levasil® Bayer AG, Leverkusen) auf dem Markt erhältlich sind.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war daher die Bereitstellung eines Verfahrens, welches die Einarbeitung wässriger Kieselsole in Sol-Gel-Kondensate auf Basis polyfunktioneller Organosilane ermöglicht.

[0007] Es wurde nun gefunden, dass durch Reaktion eines wässrigen Kieselöls mit einem Siliciumalkoxid Kondensate erhalten werden können, die mit polyfunktionellen Organosilanen mischbar sind.

[0008] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher ein Verfahren zur Herstellung von Sol-Gel-Kondensaten, dadurch gekennzeichnet, dass

- A1.) ein wässriges Kieselöl zunächst mit einem Siliciumalkoxid zur Reaktion gebracht wird, und anschließend A2.) das aus A1.) erhaltene Kondensat mit einem polyfunktionellen Organosilan umgesetzt wird.

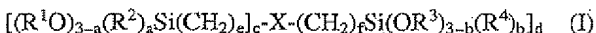
[0009] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird

- B1.) ein Siliciumalkoxid in einem Lösungsmittel gelöst und unter Rühren das wässrige Kieselöl zugegeben, anschließend wird B2.) das aus B1.) erhaltene Kondensat mit einem polyfunktionellen Organosilan umgesetzt.

[0010] Im ersten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens A1. bzw. B1. erfolgt die Hydrolyse der Alkoxysilylgruppen des Siliciumalkoxids. Die dadurch gebildeten Silanolgruppen ( $\text{Si-OH}$ ) können entweder mit sich selbst, oder mit noch vorhandenen Alkoxysilylgruppen unter Abspaltung von Wasser bzw. Alkohol unter Bildung von  $\text{Si-O-Si}$ -Bindungen kondensieren. Die im Kieselöl enthaltenen  $\text{SiO}_2$ -Nanopartikel weisen jedoch eine reaktive Oberfläche auf, welche ebenfalls für eine Reaktion mit den Siliciumalkoxiden oder deren Hydrolyseprodukte zur Verfügung steht. Es werden Partikel erhalten, die man als oberflächenmodifiziert bezeichnen kann und somit über eine Mischbarkeit mit polyfunktionellen Organosilanen verfügen.

[0011] Geeignete polyfunktionelle Organosilane für das erfindungsgemäße Verfahren sind lineare, verzweigte oder cyclische monomere Organosilane, die über mindestens zwei Siliciumatome mit hydrolysierbaren und/oder kondensationsvernetzenden Gruppen verfügen, wobei die Siliciumatome jeweils über mindestens ein Kohlenstoffatom über eine verknüpfende Baueinheit verbunden sind.

[0012] Bevorzugte polyfunktionelle Organosilane haben die allgemeine Formel (I),



in welcher

$\text{R}^1$ ,  $\text{R}^2$ ,  $\text{R}^3$  und  $\text{R}^4$  unabhängig voneinander ein  $\text{C}_1$ - $\text{C}_8$ -Alkylreste oder Phenylreste sind, wobei  $\text{R}^1$  und  $\text{R}^3$  auch gleich H

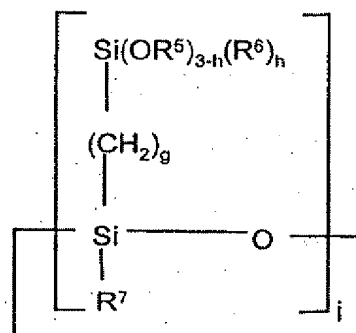
sein können,

a, b unabhängig voneinander 0, 1 oder 2 sowie

c, d bzw. e, f unabhängig voneinander größer oder gleich 1 sind, und

X die verbrückende Baueinheit, ein lineares, verzweigtes oder cyclisches Siloxan, Carbosilan oder Carbosiloxan ist.

[0013] Besonders bevorzugt werden cyclische Carbosiloxane der allgemeinen Formel (II) eingesetzt, in welcher



(II)

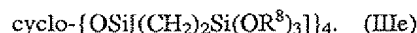
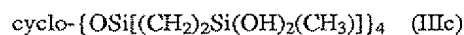
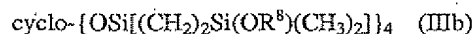
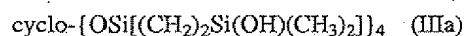
R<sup>5</sup>, R<sup>6</sup> und R<sup>7</sup> unabhängig voneinander C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>-Alkylreste sind, wobei R<sup>5</sup> auch gleich H sein kann,

h gleich 0, 1 oder 2 ist, sowie

g eine ganze Zahl von 1 bis 4, und

i eine ganze Zahl von 3 bis 10 ist.

[0014] Beispielhaft seien als cyclische Carbosiloxane Verbindungen der Formeln (IIIa) bis (IIIe) genannt, worin R<sup>8</sup> für Methyl oder Ethyl steht:

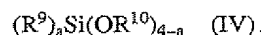


[0015] Die in der WO 98/52992 offenbarten Oligomere der genannten cyclischen Carbosiloxane können selbstverständlich ebenso im erfindungsgemäßen Verfahren als polyfunktionelle Organosilane eingesetzt werden. Es ist ebenfalls möglich, Mischungen verschiedener cyclischer monomerer oder auch oligomerer Carbosiloxane einzusetzen.

[0016] Wässrige Kieselsole, die für das erfindungsgemäße Verfahren geeignet sind, bestehen im wesentlichen aus einer Dispersion amorpher, überwiegend SiO<sub>2</sub> enthaltender Nanopartikel mit einer mittleren Primärteilchengröße von bevorzugt 5 bis 500 nm, welche darüber hinaus größtenteils als Einzelteilchen vorliegen. Zur Herstellung transparenter Beschichtungen sind mittlere Primärteilchengrößen von 5 bis 100 nm besonders bevorzugt. Die wässrigen Kieselsole können sauer oder basisch stabilisiert sein. Durch Zugabe von Säuren oder Basen kann der pH-Wert der Kieselsole gegebenenfalls angepasst werden.

[0017] Um den Wassergehalt in den erfindungsgemäß hergestellten Sol-Gel-Kondensaten möglichst niedrig zu halten, kann die Konzentration der eingesetzten wässrigen Kieselsole durch Abdestillieren bei Normaldruck und erhöhter Temperatur oder bei vermindertem Druck und gegebenenfalls erhöhter Temperatur erhöht werden. Bevorzugt beträgt daher der Gehalt an SiO<sub>2</sub>-Nanopartikeln in den wässrigen Kieselsole 20 bis 80 Gew.-%, besonders bevorzugt 30 bis 60 Gew.-%.

[0018] Geeignete Siliciumalkoxide, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren mit dem wässrigen Kieselol zur Reaktion gebracht werden können sind bevorzugt solche der allgemeinen Formel (IV),



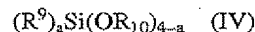
in welcher

a 0, 1, 2 oder 3 ist,

R<sup>9</sup> für einen gegebenenfalls substituierten Alkyl- oder Arylrest steht, und

R<sup>10</sup> ein C<sub>1</sub> bis C<sub>3</sub>-Alkylrest ist.

[0019] Besonders bevorzugt sind Siliciumalkoxide der Formel (IV), in welcher

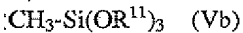
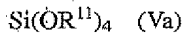


a 0 oder 1 ist,

R<sup>9</sup> für einen Methylrest steht, und

R<sup>10</sup> ein Methyl- oder Ethylrest ist.

[0020] Beispielhaft seien folgende Siliciumalkoxide der Formeln (Va) bis (Vc) genannt, wobei R<sup>11</sup> ein Methyl- oder Ethylrest ist:



[0021] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird im ersten Schritt (A1/B1) das Siliciumalkoxid zunächst in einem geeigneten Lösungsmittel z. B. Alkohol gelöst, dann wird unter Rühren das wässrige Kieselzol zugegeben. Nach Beendigung der Zugabe wird die Reaktionsmischung solange gerührt, bis sie homogen ist, d. h. keine Emulsion mehr vorliegt oder Niederschlag sichtbar ist. Im zweiten Schritt wird schließlich das polyfunktionelle Organosilan zugegeben, welches gegebenenfalls zuvor in einem geeigneten Lösungsmittel gelöst werden kann.

[0022] Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens kann die Zusammensetzung von Sol-Gel-Kondensaten aus polyfunktionellen Organosilanen, Metallalkoxiden und  $\text{SiO}_2$ -Nanopartikeln über einen weiten Bereich variiert werden. Bevorzugt weisen die erfindungsgemäß hergestellten Sol-Gel-Kondensate folgende theoretische Zusammensetzung auf, wobei zur Berechnung von vollständiger Hydrolyse und Kondensation ausgegangen wird:

10 bis 90 Gew.-% polyfunktionelles Organosilan,

90 bis 10 Gew.-% Hydrolyseprodukt des/der Metallalkoxid(e) und  $\text{SiO}_2$ -Nanopartikel, wobei die Hydrolyseprodukte des/der Metallalkoxid(e) und  $\text{SiO}_2$ -Nanopartikel im Gew.-Verhältnis 10 : 1 bis 1 : 10 eingesetzt werden.

[0023] Besonders bevorzugt weisen die erfindungsgemäß hergestellten Sol-Gel-Kondensate folgende Zusammensetzung auf:

15 bis 60 Gew.-% polyfunktionelles Organosilan,

85 bis 40 Gew.-% Hydrolyseprodukt des/der Metallalkoxid(e) und  $\text{SiO}_2$ -Nanopartikel, wobei diese im Gew.-Verhältnis 8 : 1 bis 1 : 5 eingesetzt werden.

[0024] Um ein zu rasches Gelieren der Sol-Gel-Kondensate zu verhindern, wird durch Zugabe eines organischen Lösungsmittels der Feststoffgehalt auf 10 bis 50 Gew.-%, bevorzugt auf 15 bis 45 Gew.-%, eingestellt. Die Zugabe des Lösungsmittels, welches mit Wasser zumindest teilweise mischbar sein sollte, erfolgt vorzugsweise vor oder während der erfindungsgemäßen Herstellung des Sol-Gel-Kondensats. Der resultierende Feststoffgehalt des Sol-Gel-Kondensats kann zuvor errechnet werden aus den Gew.-Anteilen der einzelnen Komponenten unter Berücksichtigung des Gewichtsverlusts des polyfunktionellen Organosilans und des Metallalkoxids durch Hydrolyse und Kondensation (der theoretische Gewichtsverlust von  $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$  beträgt z. B. 72 Gew.-%).

[0025] Die Zugabe von organischen Lösungsmitteln ist darüber hinaus für die Herstellung von homogenen Beschichtungen aus den erfindungsgemäß hergestellten Sol-Gel-Kondensaten von Vorteil. Insbesondere bei Sol-Gel-Kondensaten mit einem hohen Gehalt an wässrigem Kieselzol wird durch die Zugabe von organischen Lösungsmitteln verhindert, dass Entmischung in der sich bildenden (anorganischen) Beschichtung auftritt. Dabei ist die Zugabe von solchen organischen Lösungsmitteln besonders vorteilhaft, die mit Wasser zumindest teilweise mischbar sind und einen Siedepunkt von mindestens 80°C aufweisen. Besonders bevorzugt bilden diese Lösungsmittel mit Wasser azeotrope Gemische, wodurch die Sol-Gel-Kondensate durch Abdestillieren bei Normaldruck und erhöhter Temperatur oder im Vakuum bei gegebenenfalls erhöhter Temperatur durch azeotrope Destillation von überschüssigem Wasser befreit werden können. Neben der Entfernung von Wasser mittels azeotroper Destillation kann durch Entfernung leichtflüchtiger Lösungsmittel das Sol-Gel-Kondensat auf diese Weise umgelöst werden.

[0026] Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren aus einem oder mehreren polyfunktionellen Organosilanen hergestellten Sol-Gel-Kondensate, eignen sich insbesondere zur Beschichtung von anorganischen oder organischen Substraten. Nach Applikation, die nach allen gängigen Techniken erfolgen kann (z. B. Streichen, Sprühen, Rollen, Schleudern, Tauchen), werden die flüchtigen Bestandteile bei -10°C bis 200°C verdampft und das Sol-Gel-Kondensat auf der Oberfläche ausgehärtet. Auf Metallen, Keramiken, Glas, Holz und Kunststoffen können so anorganische Beschichtungen hoher Witterungsstabilität, Kratzfestigkeit und Chemikalienbeständigkeit erhalten werden. Insbesondere Substrate, die bereits eine organische Beschichtung wie z. B. eine Polyurethanschicht aufweisen, können mit den erfindungsgemäß hergestellten Sol-Gel-Kondensaten beschichtet werden. Aufgrund der in den Sol-Gel-Kondensaten enthaltenen Nanopartikeln sind die mit den erfindungsgemäß erhaltenen Sol-Gel-Kondensaten hergestellten Beschichtungen sehr beständig gegenüber Rissbildung aufgrund von Feuchtigkeit und/oder Temperaturschwankungen. Das kann mit anderen anorganischen Klarlacken auf feuchtigkeitsabsorbierenden Untergründen wie z. B. Polyurethanlacken nicht erreicht werden, da es dort zu Rissbildung durch Quellung kommt. Die erfindungsgemäß hergestellten Sol-Gel-Kondensate können beispielsweise zur Beschichtung von Fahrzeugen eingesetzt werden, die dann gegenüber Verkratzungen (z. B. durch Reinigung in einer Waschanlage) deutlich unempfindlicher sind.

[0027] Die erfindungsgemäß hergestellten Sol-Gel-Kondensate können darüber hinaus zur anorganischen Modifizierung von organischen Polymeren eingesetzt werden, die dann beispielsweise als Formteile oder Beschichtungen Verwendung finden. Bevorzugt seien organische Polymere oder Polymeregemische auf Basis von Polyacrylaten, Polyestern, Polyisocyanaten, Polyurethanen und Epoxiden genannt, die zur Herstellung von Beschichtungen eingesetzt werden.

[0028] Das erfindungsgemäße Sol-Gel-Kondensat kann beispielsweise entweder direkt mit den organischen Polymeren gemischt werden oder aber das aus der Reaktion eines wässrigen Kieselzols mit einem Siliciumalkoxid erhaltene Kondensat (A1 bzw. B1) wird zunächst mit den organischen Polymeren gemischt und erst anschließend erfindungsgemäß mit einem polyfunktionellen Organosilan umgesetzt.

[0029] Bevorzugt wird das Kondensat A1 bzw. B1 mit den organischen Polymeren gemischt und erst anschließend mit einem polyfunktionellen Organosilan umgesetzt.

[0030] Der Anteil der organischen Polymere in der ausgehärteten Beschichtung oder in den Formteilen liegt bevorzugt zwischen 10 und 90%, besonders bevorzugt zwischen 30 und 70%.

## Ausführungsbeispiele

## Bemerkungen

[0031] Das eingesetzte D4-Diethoxid-Oligomer, ein Kondensationsprodukt von monomerem cyclo-  
 $\{OSi[(CH_2)_2Si(OEt)_2(CH_3)_3]\}_4$ , wurde wie in der WO 98/52992 beschrieben hergestellt, cyclo-  
 $\{OSi[(CH_2)_2Si(OH)(CH_3)_2]\}_4$  wurde entsprechend der Lehre von US-A 5 880 305 hergestellt. Die eingesetzten wässrigen  
 Kieselsol waren Levasil® 200/30 und 200S/30 der Bayer AG, Leverkusen, Deutschland. Bei Levasil® 200/30 han-  
 delt es sich um eine anionisch stabilisierte Dispersion von amorphen  $SiO_2$ -Nanopartikeln (30 Gew.-%  $SiO_2$  in der Lie-  
 ferform), wobei die mittlere Teilchengröße 15 nm und die BET-Oberfläche 200  $m^2/g$  beträgt. Vor Verwendung wurde der  
 pH-Wert von Levasil® 200S/30 durch Zugabe von konzentrierter Salzsäure von 9 auf 2 eingestellt. Levasil® 200S/30 ist  
 eine entsprechende, mit Aluminiumsalzen kationisch stabilisierte Dispersion. Vor Verwendung wurde der pH-Wert von  
 Levasil® 200S/30 durch Zugabe von konzentrierter Salzsäure von 3,8 auf 2 eingestellt. Die Herstellung der wässrigen  
 Kieselsol mit höherem Feststoffgehalt erfolgte durch Abkondensieren von Wasser im Vakuum (Rotationsverdampfer).  
 Hierdurch konnten Feststoffgehalte von 45 bis 55 Gew.-%  $SiO_2$  eingestellt werden, ohne dass das wässrige Kieselsol ge-  
 lierte. Tetraethylorthosilikat (= TEOS), sowie 1-Methoxy-2-propanol, 1-Butanol und 2-Butanol (alle Fa. Aldrich) wur-  
 den ohne weitere Reinigung eingesetzt.

[0032] Desmophen A665 BA/X ist ein für Polyurethanbeschichtungen eingesetztes Polyol auf Polyacrylatbasis der Fa.  
 Bayer AG, Leverkusen, Deutschland.

[0033] Die Bestimmung des Feststoffgehaltes erfolgte durch Eindampfen von einem g der Probe in einer Kristallisier-  
 schale ( $\varnothing = 7,5$  cm) bei 130°C (1 h) im Umluftofen. Die Prüfung der Feuchtebeständigkeit der aus den Sol-Gel-Konden-  
 saten hergestellten anorganischen Lacke erfolgte durch Applikation auf eine Testplatte, die einen in der Automobilack-  
 kierung typischen Schichtaufbau aufwies, und Auslagerung der Testplatte in dest. Wasser bei 50°C. Beurteilt wurde die  
 Rissbildung (visuell). Die Bestimmung der Bleistifthärte erfolgte wie in ASTM D 3363-92a angegeben. Die Prüfung der  
 mit den Sol-Gel-Kondensaten modifizierten organischen Polymere erfolgte durch Applikation auf eine Testplatte, die ei-  
 nen in der Automobilackkierung typischen Schichtaufbau aufweist, wobei jedoch anstatt des Decklackes (Klarlack) das  
 anorganisch modifizierte Polymer aufgebracht wurde.

## Beispiel 1

Herstellung eines Sol-Gel-Kondensats mit 4,5 Gew.-%  $SiO_2$ -Nanopartikeln

- a) Unter Rühren wurden zu 204,2 g TEOS und 50 g Ethanol 17,5 g 0,1 N wässrige p-Toluolsulfonsäurelösung ge-  
 geben. Die Reaktionsmischung wurde 1 h bei Raumtemperatur gerührt; dann wurden 25 g Levasil® 200 (pH = 2,  
 30 Gew.-%  $SiO_2$ ) verdünnt mit 8 ml Ethanol zugetropft und weitere 2 h gerührt. Der Feststoffgehalt des so erhalten-  
 enen TEOS-Levasil-Kondensats betrug 29,8 Gew.-%.
- b) Unter Rühren wurden zu 100 g des nach a) erhaltenen TEOS-Levasil-Kondensats 50 g D4-Diethoxid-Oligomer  
 und 8 g 0,1 N wässrige p-Toluolsulfonsäurelösung gegeben. Danach wurde noch 1 h bei Raumtemperatur gerührt.  
 Es wurde ein homogenes, schwach opakes Sol-Gel-Kondensat erhalten, welches (berechnet auf den Feststoff)  
 4,5 Gew.-%  $SiO_2$ -Nanopartikeln aus dem eingesetzten Levasil® 200 enthielt.

## Beispiel 2

Herstellung anorganischer Beschichtungen aus dem Sol-Gel-Kondensat aus Beispiel 1 und Prüfung der Feuchtebestän-  
 digkeit

[0034] Mittels Sprühen wurde das nach Beispiel 1 erhaltene Sol-Gel-Kondensat auf ein Automobilblech appliziert und  
 nach 10 min Liegenlassen bei Raumtemperatur schließlich 10 min bei 80°C und 30 min bei 130°C ausgehärtet (Trocken-  
 schichtdicke ca. 3  $\mu m$ ). Nach dem Abkühlen wurde die Testplatte 7 Tage bei 50°C in dest. Wasser gelagert. Es traten  
 keine Risse in der transparenten, anorganischen Deckschicht auf.

## Beispiel 3

Herstellung eines Sol-Gel-Kondensats mit 24,8 Gew.-%  $SiO_2$ -Nanopartikeln

- a) Innerhalb von 2 h wurden unter kräftigem Rühren zu einer Mischung aus 74,3 g Levasil® 200 (pH = 2;  
 50,2 Gew.-%  $SiO_2$ ) und 100 g 1-Methoxy-2-propanol 106,5 g TEOS zugetropft. Dabei stieg die Temperatur der Re-  
 aktionsmischung auf 35°C. Nach Ende der Zugabe wurde noch 90 min gerührt. Der Feststoffgehalt des so erhalten-  
 enen TEOS-Levasil-Kondensats betrug 28,2 Gew.-%.
- b) Unter Rühren wurden zu 5 g des nach a) erhaltenen TEOS-Levasil-Kondensats 3,7 g 1-Butanol und 2,2 g D4-  
 Diethoxid-Oligomer gegeben. Danach wurde noch 30 min bei Raumtemperatur gerührt. Nach der Zugabe von 4  
 Tropfen einer 1 N wässrigen p-Toluolsulfonsäurelösung und weiteren 60 min Rühren wurde schließlich ein homo-  
 genes, schwach opakes Sol-Gel-Kondensat erhalten, welches (berechnet auf den Feststoff) 24,8 Gew.-%  $SiO_2$ -Na-  
 nopartikeln aus dem eingesetzten Levasil® 200 enthielt.

# DE 101 02 739 A 1

## Beispiel 4

Herstellung anorganischer Beschichtungen aus dem Sol-Gel-Kondensat aus Beispiel 3 und Prüfung der Bleistifthärte

[0035] Mittels Rakeln (Spaltbreite 120 µm) wurde das Sol-Gel-Kondensat aus Beispiel b) auf eine Glasplatte appliziert und danach 10 min bei Raumtemperatur und 1 h bei 130°C ausgehärtet. Es wurde ein homogener, hochtransparenter anorganischer Lack erhalten, der eine Bleistifthärte von 5 H aufwies.

## Beispiel 5

Herstellung eines Sol-Gel-Kondensats analog Beispiel 3 unter Verwendung von 1-Pentanol, sowie Herstellung und Prüfung einer anorganischen Beschichtung

[0036] Wie Beispiel 3 beschrieben, wurde ein Sol-Gel-Kondensat hergestellt, bei welchem jedoch anstelle von 1-Butanol als Lösungsmittel 1-Pentanol eingesetzt wurde. Nach Applikation und Aushärtung wie in Beispiel 4 beschrieben, wurde ein homogener, hochtransparenter anorganischer Lack erhalten, der eine Bleistifthärte von 4 H aufwies.

## Beispiel 6

Herstellung eines Sol-Gel-Kondensats mit 26,8 Gew.-% SiO<sub>2</sub>-Nanopartikeln

a) Innerhalb von 1 h wurden unter kräftigem Rühren zu einer Mischung aus 77,7 g Levasil® 200 (pH = 2; 48,0 Gew.-% SiO<sub>2</sub>) und 100 g 1-Methoxy-2-propanol 79,9 g TEOS zugetropft. Dabei stieg die Temperatur der Reaktionsmischung auf 32°C. Nach Ende der Zugabe wurde noch solange gerührt, bis die Reaktionsmischung auf Raumtemperatur abgekühlt war (ca. 1 h). Der Feststoffgehalt des so erhaltenen TEOS-Levasil-Kondensats betrug 25,8 Gew.-%.

b) Unter Rühren wurden zu 3,5 g des nach a) erhaltenen TEOS-Levasil-Kondensats 2,5 g 1-Pentanol und 1,6 g D4-Diethoxid-Oligomer gegeben. Nach der Zugabe von 4 Tr. einer 1 N wässrigen p-Toluolsulfonsäurelösung und weiteren 60 min Rühren wurde schließlich ein homogenes, schwach opakes Sol-Gel-Kondensat erhalten, welches (berechnet auf den Feststoff) 26,8 Gew.-% SiO<sub>2</sub>-Nanopartikeln aus dem eingesetzten Levasil® 200 enthielt.

## Beispiel 7

Herstellung eines Sol-Gel-Kondensats mit 30,1 Gew.-% SiO<sub>2</sub>-Nanopartikeln

a) Innerhalb von 1 h wurden unter kräftigem Rühren zu einer Mischung aus 70,7 g Levasil® 200 (pH = 2; 52,7 Gew.-% SiO<sub>2</sub>) und 100 g 1-Methoxy-2-propanol 59,9 g TEOS zugetropft. Dabei stieg die Temperatur der Reaktionsmischung auf 33°C. Nach Ende der Zugabe wurde noch solange gerührt, bis die Reaktionsmischung auf Raumtemperatur abgekühlt war (ca. 1 h). Der Feststoffgehalt des so erhaltenen TEOS-Levasil-Kondensats betrug 26,5 Gew.-%.

b) Unter Rühren wurden zu 5 g des nach a) erhaltenen TEOS-Levasil-Kondensats 3,7 g 1-Pentanol und 2,2 g D4-Diethoxid-Oligomer gegeben. Nach der Zugabe von 4 Tr. einer 1 N wässrigen p-Toluolsulfonsäurelösung und weiteren 60 min Rühren wurde schließlich ein homogenes, schwach opakes Sol-Gel-Kondensat erhalten, welches (berechnet auf den Feststoff) 30,1 Gew.-% SiO<sub>2</sub>-Nanopartikeln aus dem eingesetzten Levasil® enthielt.

## Beispiel 8

Herstellung eines Sol-Gel-Kondensats mit 32,4 Gew.-% SiO<sub>2</sub>-Nanopartikeln

a) Innerhalb von 1 h wurden unter kräftigem Rühren zu einer Mischung aus 77,7 g Levasil® 200 (pH = 2; 52,7 Gew.-% SiO<sub>2</sub>) und 100 g 1-Methoxy-2-propanol 44,9 g TEOS zugetropft. Dabei stieg die Temperatur der Reaktionsmischung auf 31°C. Nach Ende der Zugabe wurde noch solange gerührt, bis die Reaktionsmischung auf Raumtemperatur abgekühlt war (ca. 1 h). Der Feststoffgehalt des so erhaltenen TEOS-Levasil-Kondensats betrug 24,6 Gew.-%.

b) Unter Rühren wurden zu 5 g des nach a) erhaltenen TEOS-Levasil-Kondensats 3,7 g 1-Pentanol und 2,2 g D4-Diethoxid-Oligomer gegeben. Nach der Zugabe von 4 Tr. einer 1 N wässrigen p-Toluolsulfonsäurelösung und weiteren 60 min Rühren wurde schließlich ein homogenes, schwach opakes Sol-Gel-Kondensat erhalten, welches (berechnet auf den Feststoff) 32,4 Gew.-% SiO<sub>2</sub>-Nanopartikeln aus dem eingesetzten Levasil® enthielt.

## Beispiel 9

Herstellung eines Sol-Gel-Kondensats mit 25,8 Gew.-% SiO<sub>2</sub>-Nanopartikeln, Herstellung einer anorganischen Beschichtung und Prüfung des Dispersionszustandes der SiO<sub>2</sub>-Nanopartikeln (TEM-Aufnahme siehe Abb. 1)

a) Innerhalb von ca. 2 h wurden unter Rühren zu einer Mischung aus 74,3 g Levasil® 200 (pH = 2; 50,2 Gew.-% SiO<sub>2</sub>) und 100 g 1-Methoxy-2-propanol 106,5 g TEOS getropft. Die Temperatur stieg dabei auf ca. 35°C. Nach Ende der Zugabe wurde die homogene Reaktionsmischung noch weitere 90 min gerührt.

b) Danach wurden unter Rühren zu 100 g des nach a) erhaltenen TEOS-Levasil-Kondensats 117 g n-Butanol und

44,3 g D4-Diethoxid-Oligomer zugegeben und 48,9 g flüchtige Bestandteile (überwiegend n-Butanol und Wasser) am Rotationsverdampfer entfernt.

c) Schließlich wurden zu 10 g des nach b) erhaltenen Sol-Gel-Kondensats unter Rühren noch 0,3 g einer wässrigen p-Toluolsulfonsäurelösung gegeben. Nach 1 h Rühren der Reaktionsmischung bei Raumtemperatur wurden dann eine Polycarbonatplatte und eine Glasplatte mittels Rakeln (120 µm Spaltbreite) beschichtet. Nach der Aushärtung (10 min bei Raumtemperatur, 60 min bei 130°C im Umluftofen) wurde ein homogener Film hervorragender Transparenz und hoher Härte erhalten (Bleistifthärte 4 H, auf Glas).

[0037] Die Beschichtung auf der Polycarbonatplatte wurde mittels TEM untersucht, wobei eine exzellente Verteilung der SiO<sub>2</sub>-Nanopartikel in der anorganischen Matrix (aus TEOS und D4-Diethoxid-Oligomer) gefunden wurde. Die TEM-Aufnahmen sind zur Verdeutlichung im Anhang dokumentiert.

#### Beispiel 10

Modifizierung eines organischen Polymers mit einem erfindungsgemäß hergestellten Sol-Gel-Kondensat, sowie Herstellung und Prüfung einer Beschichtung daraus

a) Unter Rühren wurden zu 204,2 g TEOS und 50 g Ethanol 17,5 g 0,1 N wässrige p-Toluolsulfonsäurelösung gegeben. Die Reaktionsmischung wurde 1 h bei Raumtemperatur gerührt; dann wurden 25 g Levasil® 2005 (pH = 2, 30 Gew.-% SiO<sub>2</sub>) verdünnt mit 10 g Ethanol zugetropft, weitere 15 min gerührt und 200 g 2-Butanol zugegeben. Anschließend wurden bei Normaldruck 243 g Lösungsmittel abdestilliert und der Rückstand durch Zugabe von 1,9 g 2-Butanol auf eine Menge von 265,6 g eingestellt, so dass sich ein theoretischer (berechneter) Festkörpergehalt von 25% ergab. Anschließend wurde über eine Druckfilternutsche (0,6 µm) filtriert. Es wurde ein homogenes, schwach opakes Kondensat erhalten.

b) 198,5 g des unter a) hergestellten Kondensats wurde mit 109,5 g Desmophen A 665 BA/X gemischt und 15 min gerührt. Man erhielt eine homogene, lagerstabile Mischung.

c) 88,0 g der unter b) hergestellten Mischung wurden unter Rühren mit 6,2 g einer 50%igen cyclo-[OSi[(CH<sub>2</sub>)Si(OH)(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]]<sub>4</sub> in 2-Butanol und 5,8 g einer 0,1 N wässrigen p-Toluolsulfonsäurelösung versetzt und weitere 2 h gerührt. Man erhält ein mit einem erfindungsgemäß hergestellten Sol-Gel-Kondensat modifiziertes Polymer.

d) Mittels Sprühen wurde das nach c) hergestellte, anorganisch modifizierte Polymer anstelle des herkömmlichen Decklackes (Klarlackes) auf ein Automobilblech appliziert und anschließend 5 min bei Raumtemperatur und 30 min bei 140°C ausgehärtet. Nach dem Abkühlen wurde die Testplatte 7 Tage bei 50°C in dest. Wasser gelagert. Es traten keine Risse in der transparenten Beschichtung auf.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Sol-Gel-Kondensaten, **dadurch gekennzeichnet**, dass

A1.) ein wässriges Kieselol zunächst mit einem Siliciumalkoxid zur Reaktion gebracht wird und anschließend

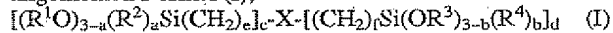
A2.) das aus A1.) erhaltene Kondensat mit einem polyfunktionellen Organosilan umgesetzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

B1.) ein Siliciumalkoxid in einem Lösungsmittel gelöst und unter Rühren das wässrige Kieselol zugegeben und anschließend

B2.) das aus B1.) erhaltene Kondensat mit einem polyfunktionellen Organosilan umgesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass polyfunktionelle Organosiloxane Verbindungen der allgemeinen Formel (I),



in welcher

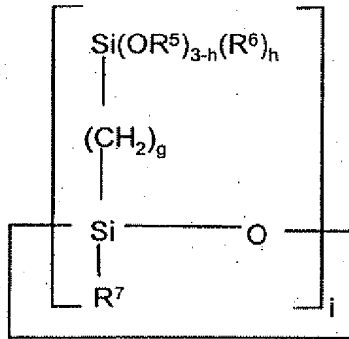
R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, R<sup>3</sup> und R<sup>4</sup> unabhängig voneinander ein C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>-Alkylreste oder Phenylreste sind,

a, b unabhängig voneinander 0,1 oder 2 sowie

c, d bzw. e, f unabhängig voneinander größer oder gleich 1 sind, und

X die verbrückende Baueinheit, ein lineares, verzweigtes oder cyclisches Siloxan, Carbosilan oder Carbosiloxan ist, sind.

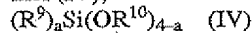
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass polyfunktionelle Organosiloxane Verbindungen der allgemeinen Formel (II),



(II)

in welcher  
 $\text{R}^5$ ,  $\text{R}^6$  und  $\text{R}^7$  unabhängig voneinander  $\text{C}_1$ - $\text{C}_4$ -Alkylreste sind,  
 $h$  gleich 0, 1 oder 2 ist, sowie  
 $g$  eine ganze Zahl von 1 bis 4, und  
 $i$  eine ganze Zahl von 3 bis 10 ist,  
sind.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Siliciumalkoxide Verbindungen der allgemeinen Formel (IV),



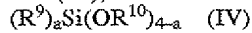
in welcher

$a$  0, 1, 2 oder 3 ist,

$\text{R}^9$  für einen gegebenenfalls substituierten Alkyl- oder Arylrest steht, und

$\text{R}^{10}$  ein  $\text{C}_1$  bis  $\text{C}_3$ -Alkylrest ist,  
sind.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Siliciumalkoxide Verbindungen der allgemeinen Formel (IV),



in welcher

$a$  0 oder 1 ist,

$\text{R}^9$  für einen Methylrest steht, und

$\text{R}^{10}$  ein Methyl- oder Ethylrest ist,  
sind.

7. Sol-Gel-Kondensate erhältlich nach einem Verfahren gemäß Anspruch 1.

8. Verwendung von Sol-Gel-Kondensaten nach Anspruch 7 zur Beschichtung von anorganischen oder organischen Substraten.

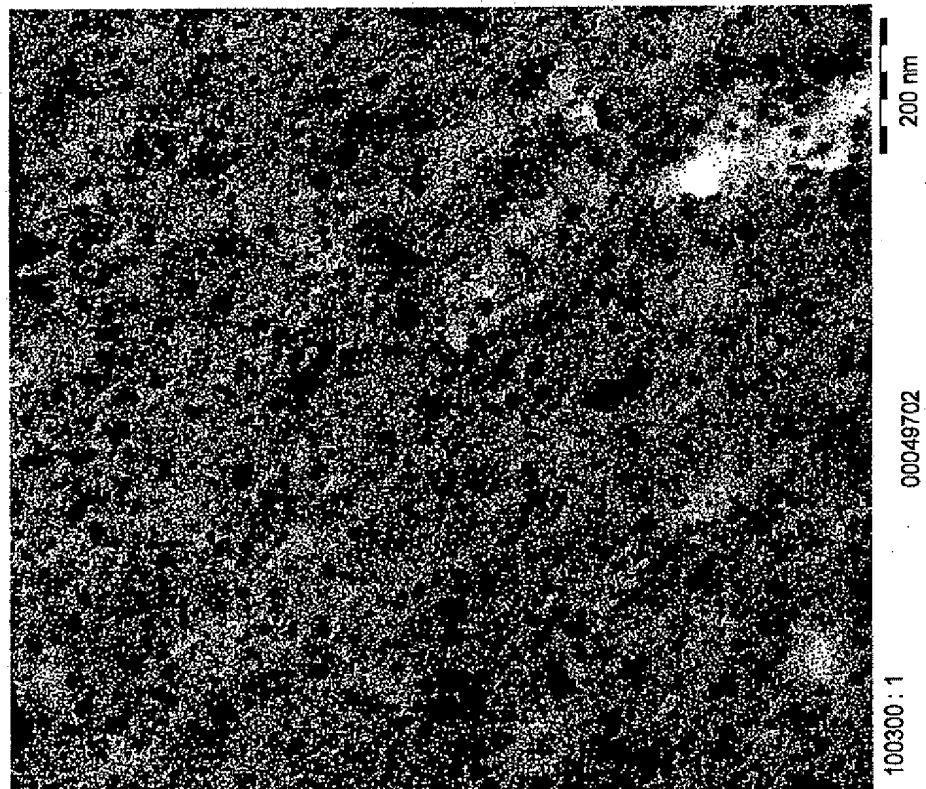
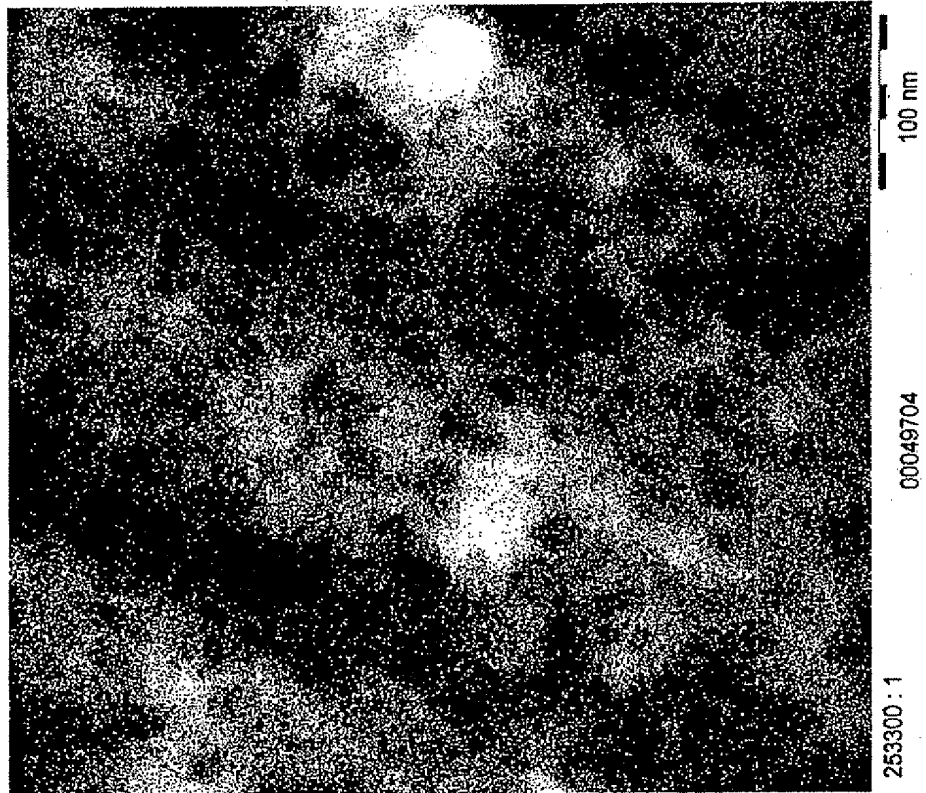
9. Verwendung von Sol-Gel-Kondensaten nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat ausgewählt wird aus der Gruppe bestehend aus Metallen, Keramiken, Glas, Holz, Kunststoffen und mit organischen Beschichtungen versehene Substrate.

10. Verwendung von Sol-Gel-Kondensaten nach Anspruch 7 zur anorganischen Modifizierung von organischen Polymeren.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen



- Leerseite -



Figur 1